

# LÍNEA DE TURBONADA SOBRE EL MAR DE ALBORÁN

José María Sánchez-Laulhé Ollero

SED del CMT en Andalucía Oriental y Melilla, INM

## RESUMEN

El 27 de Septiembre de 1997 se generó sobre el mar de Alborán un sistema convectivo mesoescalar (SCM) lineal, de unas 12 horas de duración, que produjo fuertes precipitaciones en la costa norte. Este SCM fue el primero recogido íntegramente por el radar regional de Málaga (antiguo banda S). La situación sinóptica estuvo marcada por la presencia de una DANA centrada en el golfo de Cádiz. En el estudio se hace una discusión basada en imágenes del Meteosat e imágenes radar y se da una explicación en la que un salto hidráulico actúa como foco para la desestabilización convectiva que lleva a la generación de SCM.

## 1. Introducción

Las lluvias intensas son el principal problema de la predicción en la zona costera de Alborán y con mucha frecuencia están producidas por sistemas convectivos mesoescalares (SCM) de estructura lineal. Estos SCM suelen aparecer en la zona de apertura en niveles altos al este de depresiones aisladas centradas en el golfo de Cádiz que se mueven lentamente y con débil forzamiento cuasigeostófico. Con la llegada de aire frío en altura se generan amplias zonas de inestabilidad latente que se acaba liberando por algún mecanismo de disparo. En este trabajo se hace una propuesta sobre dicho mecanismo inicial y la posterior alimentación del SMC que los mantiene durante periodos de larga duración. Para ello se describe la evolución de una línea de turbonada que se generó en el oeste de Alborán a las 05:00 UTC del día 27 de septiembre de 2001 y que tuvo una duración de unas 12 horas produciendo precipitaciones que superaron los 100 mm en las provincias de Málaga y Almería, destacando 197 mm en Alhama de Almería con intensidades en algunos momentos de más de 45 mm/h durante una hora.

## 2. Descripción e interpretación

### 2.1 Descripción sinóptica

La situación sinóptica estuvo marcada por la presencia de una DANA centrada en el golfo de Cádiz con difluencia en altura, bajas presiones en superficie e inestabilidad sobre Alborán. En la figura 1 se muestran análisis del modelo de medio plazo del CEPPM de las pasadas de las 12 UTC para el geopotencial y la temperatura en 500 hPa, de presión a nivel del mar, de temperatura en 850 hPa y del índice de inestabilidad TT.

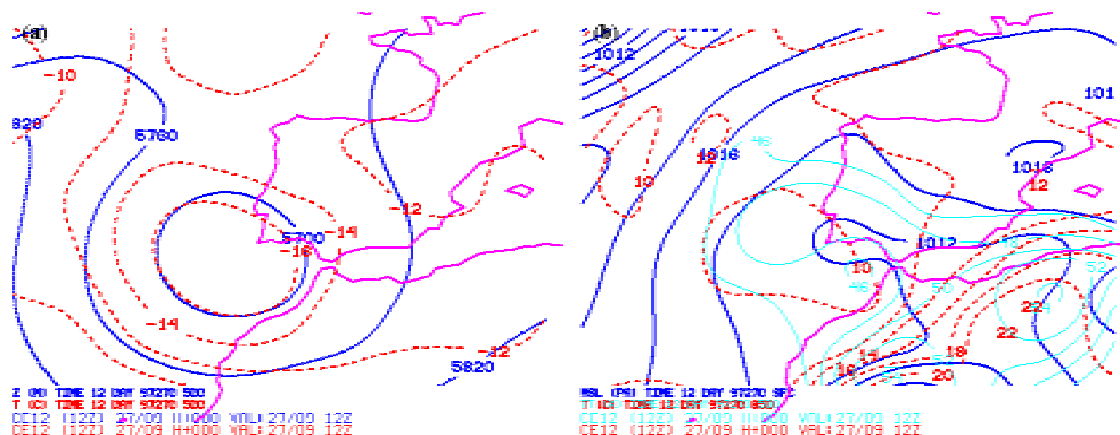


Figura 1: Análisis de las 12 UTC del 27 de septiembre de 2001: (a) geopotencial y temperatura en 500 hPa; (b) presión a nivel del mar, temperatura en 850 hPa e índice TT

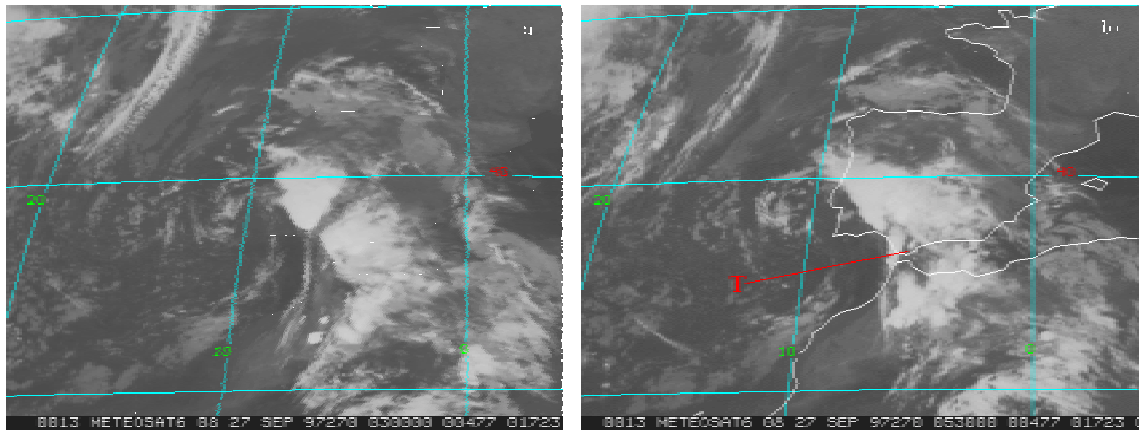


Figura 2: Imágenes IR del Meteosat de (a) 03:00; (b) 05:30

## 2.2 Descripción desde imágenes radar y de satélite

La línea de turbonada se inicia en el oeste de Alborán, en la orla montañosa de la costa norte, tras el paso de una perturbación en altura, con forma de coma, procedente del SW que se puede apreciar en las imágenes IR de las 3:00 y 5:30 UTC de la figura 2. Ya a las 5:30 se observa el SCM en su fase inicial (sobre las figuras 2 y 8 señalada con T). Posteriormente las células tormentosas se propagan mar adentro sobre una línea. Donde dicha línea de tormentas es alcanzada por líneas nubosas con apariencia de ondas gravitatorias solitarias, que se propaga en niveles bajos corriente arriba hacia el NE, se producen células tormentosas de mayor intensidad. Se puede apreciar este proceso en las imágenes de reflectividad máxima (ZMAX) del radar banda S de Málaga de las 05:30, 6:30 y 7:30 que se muestran en la figura 3.

A las 7:30 en la imagen radar y en las visibles de las 7:30 y 8:30 (figura 4) se observa la llegada de una

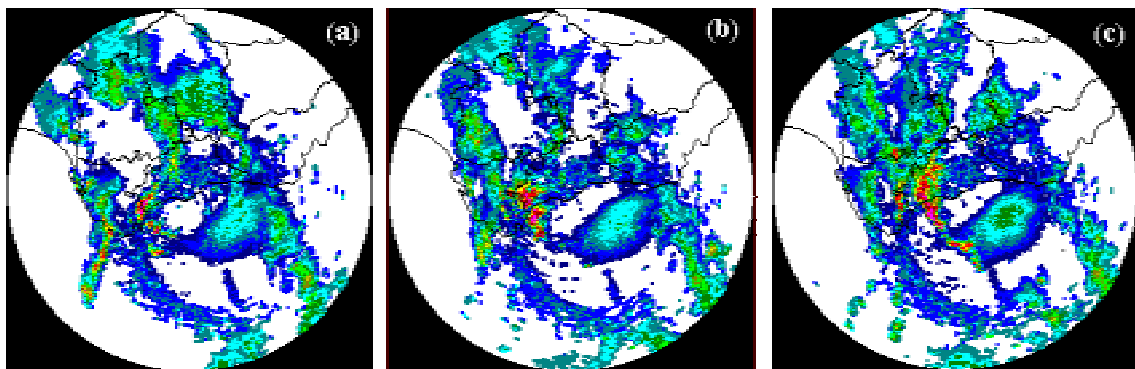


Figura 3: Imágenes de reflectividad máxima del radar de Málaga (a) 05:30; (b) 06:30; (c) 07:30 UTC

nueva onda que va a interaccionar con la línea de tormentas produciéndose el gran desarrollo que se puede observar en las imágenes visibles a partir de las 8:30 y que tiene toda la apariencia de una supercélula.

Al acercarse la línea de tormentas al recodo convexo de la Punta de Calaburras (figura 11) la línea de tormentas tiende a difuminarse en las proximidades de la costa para volver a recomponerse al este de la bahía de Málaga.

En las imágenes visibles de 10:00 y 11:00 UTC de la figura 5 se muestra resaltado con puntos al paso sucesivo de ondas solitarias móviles desde la costa sur a la norte de Alborán quedando retenidas al oeste del SCM, haciendo propagarse hacia el E la línea de turbonada al norte de la supercélula.

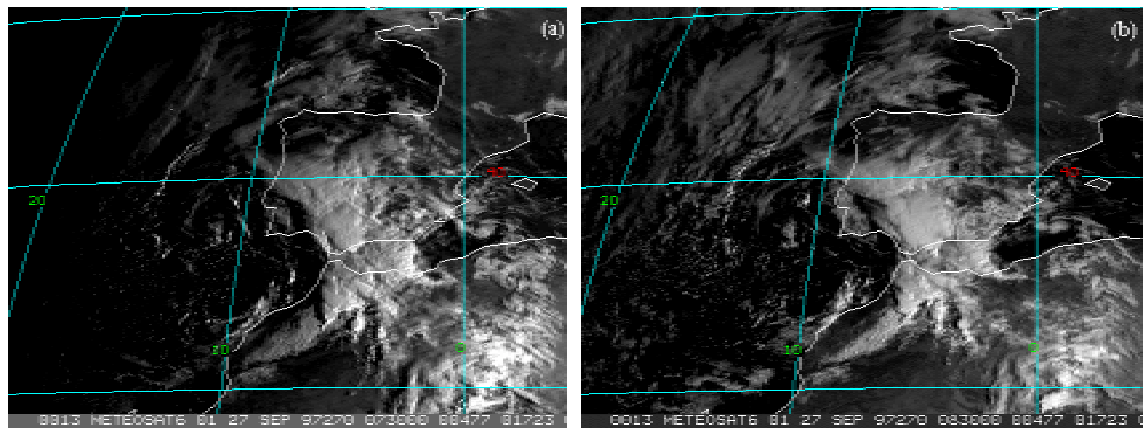


Figura 4: Imágenes visibles del Meteosat de: (a) 7:30; (b) 8:30

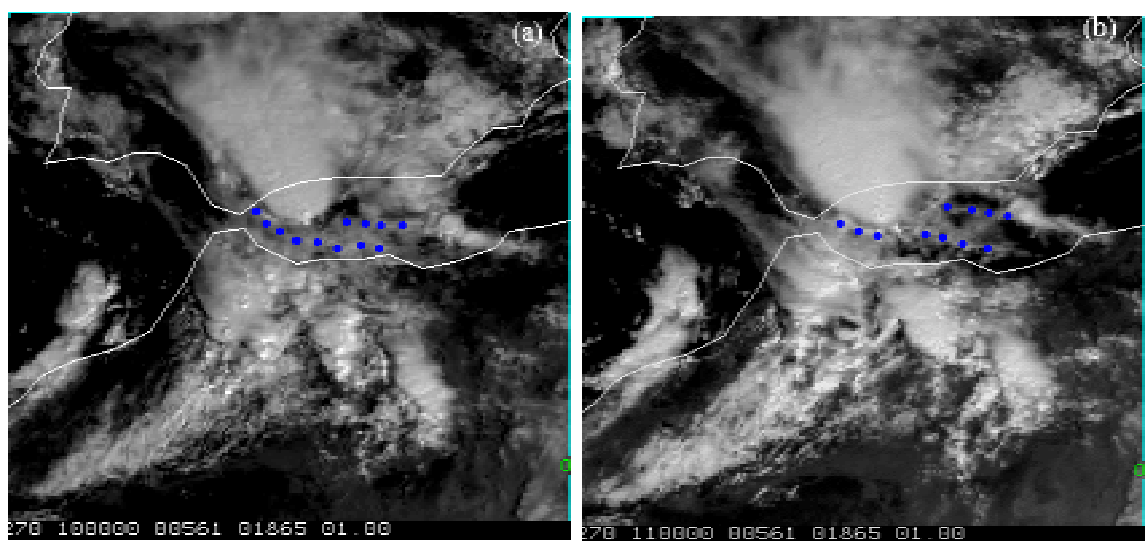


Figura 5: Imágenes visibles de (a) 10:00 y (b) 11:00 donde se ha señalado con puntos ondas solitarias que se desplazan contra el flujo de levante interactuando con el SCM

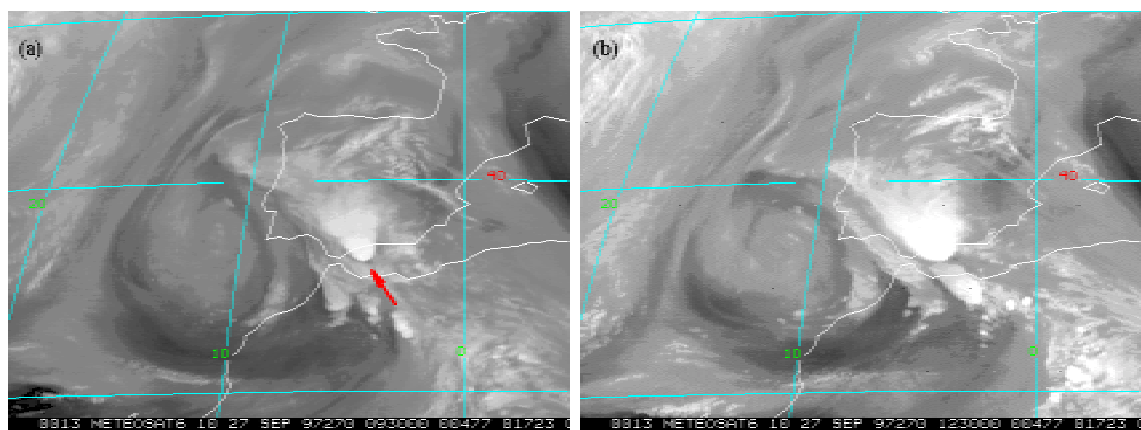


Figura 6: Imágenes de vapor de agua del Meteosat (a) 9:30; (b) 12:30. Se ha señalado en rojo la pluma de vapor de agua que alimenta a las 9:30 al SCM.

La evolución de la línea de turbonada viene ligado al flujo húmedo del SE que parece provenir de las tormentas del norte de África y que se desplaza sobre la capa límite marítima, esto se puede observar en las imágenes de vapor de agua de la figura 6 (señalado con flecha en la imagen de las 12:30).

En las imágenes visibles de la figura 7 se puede observar como se generan nuevas tormentas en la provincia de Almería donde se encuentran una onda generada gravitatoria, probablemente por el outflow del SCM, señalado a trazos en la figura 7a, con otras procedentes del norte de Africa, señaladas por puntos. Particularmente notable es la formada sobre el mar en el oeste de la provincia de Almería que dio lugar a precipitaciones con intensidades de más de 45 mm/hora durante 1 hora.

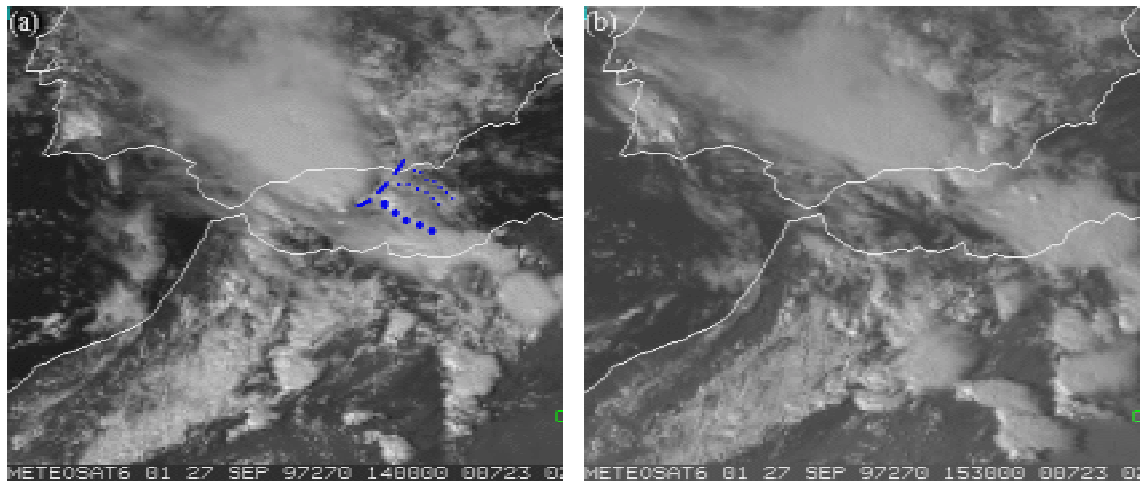


Figura 7: Imágenes visibles de (a) 14:00 y (b) 15:30, la línea a trazos corresponde a onda generadas por el SCM y líneas de punto a ondas procedentes del norte de Africa.

### 3. Explicación del desarrollo de la línea de turbonada

El paso de una perturbación en altura acompañando probablemente a un máximo de viento puede haber generado las condiciones de cizalladura necesarias para la generación de tormentas (dada la existencia

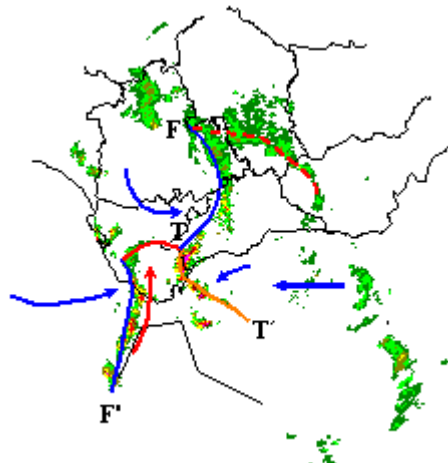


Figura 8: Desarrollo inicial de la línea de turbonada en la intersección de la frontera FF' con la onda de compresión TT' señaladas sobre imagen ZMAX de las 5:30

previa de inestabilidad). Los movimientos ascendentes asociados a la perturbación desestabilizaron aún más la atmósfera y reforzaron en las proximidades del Estrecho las bajas presiones ya existentes en el sur de Alborán. La línea de turbonada parece que se genera sobre una onda de compresión (salto hidráulico) sobre el mar (TT' en la figura 8) que se ha formado por el paso del flujo del NE en las proximidades del Estrecho de supercrítico a subcrítico causado por la presencia de la costa africana. Se inicia a partir del punto T, intersección de la onda de compresión con una frontera existente en los niveles bajos señalada con FF' en la figura 8, y progresa hacia el mar, por lo que se puede considerar una línea de turbonada de propagación retrógrada.

Sobre la onda, que es una mesoalta, se producen movimientos ascendentes que desestabilizan el flujo de levante de la capa activa que fluye por encima de la capa límite marítima. Este flujo proviene del norte de África y se hace de levante por efecto de la baja existente sobre el sur de Alborán. En la capa límite la cizalladura es de levante, que es la misma dirección que tiene el viento por lo que es bastante estable,

mientras que en la capa activa, inmediatamente encima de la capa marítima, la cizalladura es de componente oeste que hace que sea propicio a los movimientos ascendentes. El efecto del aire frío de la corriente descendente que las tormentas inyectan en la capa límite por la precipitación de las tormentas debe hacer crecer aún más la amplitud de la onda gravitatoria, reforzando la mesoalta, y por tanto fortalecer los movimientos verticales.

Cuando esta capa activa se encuentra con el relieve que representa la onda, se genera vorticidad ciclónica como se puede ver en la figura 9, que es un esquema adaptado de Davies-Jones, 1984. La generación de un vórtice mesoscalar en el extremo de la onda produce un ordenamiento de los flujos ascendentes y descendentes que da lugar a la regeneración corriente abajo de la línea de turbonada y la posibilidad de generación de una supercélula, que parece que se formó en este caso.

Cuando la línea de tormentas en su progresión hacia el oeste, cruza la zona de costa convexa de la Punta de Calaburras (figura 11) se deshace en sus proximidades y posteriormente se regenera al este de donde la costa se vuelve cóncava, al este de la bahía de Málaga. Esto parece debido a que el flujo en las

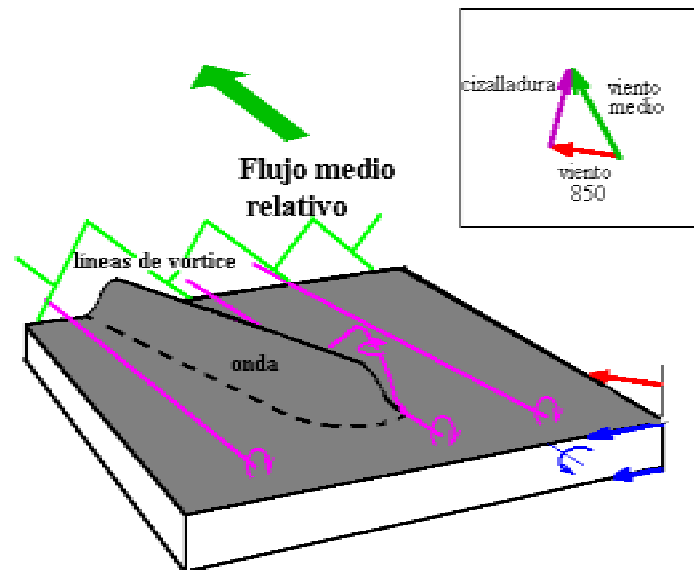


Figura 9: Generación de vorticidad ciclónica corriente arriba en la línea de turbonada generada sobre una onda de compresión (esquema adaptado de Davies-Jones 1984)

proximidades de un saliente de la costa se hace más supercrítico y desaparece el salto hidráulico.

En los puntos de enlace de la línea de turbonada con otras líneas de nubes, probablemente ondas gravitatorias solitarias inducidas por la actividad tormentosa en el norte de África, que se desplazan hacia las costas peninsulares, parecidas a los "Morning Glories" del golfo de Carpentaria (Australia), se forman ascendencias y tormentas más intensas. Según Clark, Smith y otros (1981), un Morning Glory es un bore ondulatorio propagándose por una inversión de temperatura. Smith, Crook y otros (1982) propusieron que algunos Morning Glories se producían por interacción de un frente mesoscalar con una inversión de temperatura preexistente

#### 4. Conclusiones

El modelo conceptual de generación de línea de turbonada que se presenta en este trabajo tiene un cierto parecido con el modelo de Browning y Hill, 1984 (figura 10). En las primeras etapas de la vida de la línea de turbonada la capa marítima, el salto hidráulico actúa como foco disparador de la convección, de forma similar a como actúa la cuña fría ("wedge cool") del modelo de Browning, al incidir sobre él un conveyor cálido procedente de África, que presenta una estructura fina con miniconveyors producto de la actividad tormentosa. Posteriormente debido a la cizalladura e inestabilidad existente se genera una supercélula tormentosa que probablemente arrastre al flujo de la capa límite marítima. El desplazamiento posterior de la línea de tormentas está muy influenciado por las tormentas del norte de África de las que parece depender tanto su alimentación como su desplazamiento originados por ondas solitarias generadas allí y que se desplazan hacia el norte de Alborán.

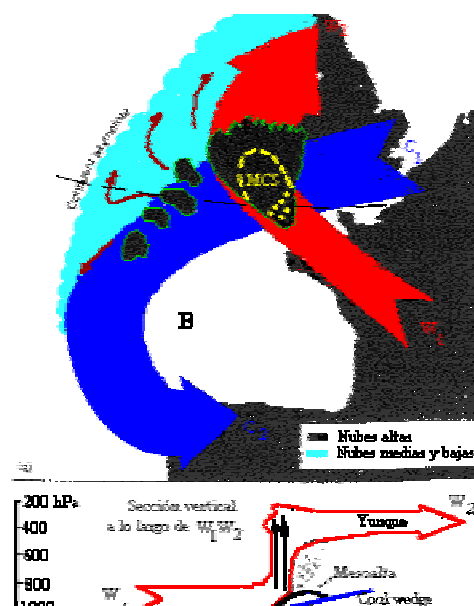


Figura 10: Modelo conceptual de sistema convectivo mesoescalar de Browning y Hill, 1984: El SCM está marcado por las líneas amarillas; el conveyor cálido  $W_1$ - $W_2$  que lo alimenta (en color rojo) se dispara en vertical al elevarse sobre una cuña fría ("cool wedge", en color azul)

## Referencias

- Browning, K. A. y F.F. Hill, 1984. Structure and evolution of a mesoscale convective system near the British Isles. Quart. J. R. Met. Soc., 110, 893-913.
- Clarke, R.H., Smith, R.K. y Reid, D.G. 1981. The Morning Glory of the Gulf of Carpentaria: an atmospheric undular bore. Mon. Weather. Rev., 109, 1726-1750.
- Davies-Jones, R., 1984: Streamwise vorticity: The origin of updraft rotation in supercell storms. J. Atmos. Sci. 41, 2991-3006.
- Smith, R.K., Crook, N. Y Roff, G., 1982. The Morning Glory: an extraordinary atmospheric undular bore. Q.J.R. Meteorol. Soc., 108, 937-956.
- Weisman, M.L. y J.B. Klemp, 1986 Characteristics of isolated convection storms. Mesoscale Meteorology and Forecasting, P. Ray, Ed., Amer. Meteor. Soc., 331-358

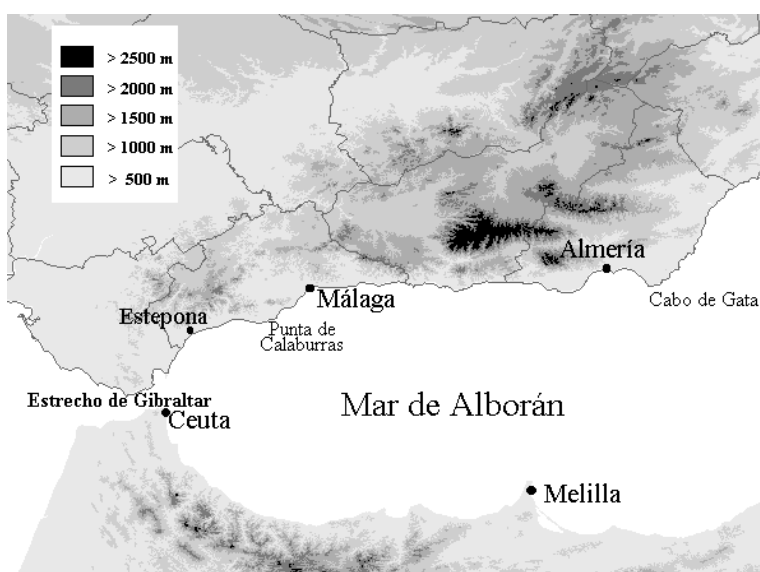


Figura 11